

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 31.05.2023 16:35:21

Уникальный программный ключ:

ca953a0120d891083f939673078ef1a9870ae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Факультет физико-математических и естественных наук**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория элементарных частиц и кварков

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

03.04.02 Физика

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

«Фундаментальная и прикладная физика»

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2023 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса «Теория элементарных частиц и кварков» является изложение фундаментальных сведений по методам квантовой механики и квантовой теории поля в применении к задачам физики элементарных частиц и кварков. В курсе даются основные представления о методах описания элементарных частиц и кварков и их взаимодействий в области высоких энергий. Курс опирается на квантовую механику, квантовую теорию поля, релятивистскую механику и электродинамику. Задача дисциплины «Теория элементарных частиц и кварков» состоит в том, чтобы студенты могли применять основные законы, правила и расчетные методы физики при решении конкретных теоретических и экспериментальных задач.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Теория элементарных частиц и кварков» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1. Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости;
		ПК-1.2. Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Теория элементарных частиц и кварков» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Теория элементарных частиц и кварков».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	Введение в квантовую теорию поля Классическая и квантовая теория поля	Научно-исследовательская работа преддипломная практика

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теория элементарных частиц и кварков» составляет **5** зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНОЙ** формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)			
		1	2	3	4
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	72		72		-
Лекции (ЛК)	36		36		-
Лабораторные работы (ЛР)	36	-	36	-	-
Практические/семинарские занятия (СЗ)	27		27		-
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	81		81		-
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>				-	-
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>180</b>	<b>180</b>		-
	зач.ед.	<b>5</b>	<b>5</b>		-

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Классификация частиц	Стабильные и нестабильные частицы. Резонансы. Первые попытки классификации элементарных частиц по	ЛК

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
по массам, спинам, взаимодействиям.	их массам и спинам. Современный подход к классификации частиц, основанный на их взаимодействиях. Элементарные и фундаментальные частицы. Кинематический и динамический подходы к классификации частиц. Использование более широких групп и более широких симметрий. Суперсимметрии. Предсказания новых частиц. Сравнение с экспериментом.	
Мультиплеты частиц в группах SU(2), SU(3), SU(4)	1 Алгебра генераторов унитарных групп SU(N). Фундаментальные, сопряженные, приводимые и неприводимые представления групп SU(N). Схема Юнга. 2 Мультиплеты нуклонов, скалярных и векторных мезонов, барионов и барионных резонансов. Массовые соотношения. Модель Ферми-Янга и модель Сакаты. Массовая формула Геля Манна-Окубо. Обобщенная модель Сакаты (кварки). Кварковая модель мезонов и барионов.	ЛК, СЗ
Дискретные симметрии С, Р, Т, СР, СТ, СРТ	1 Попытки объяснения непрерывного энергетического спектра электронов, испускаемых в процессах $\beta^\pm$ -распада ядер. Различные интерпретации этого явления. Гипотеза Паули. 2 Аналогия с электродинамикой. Гамильтониан слабого взаимодействия. Основы теории Ферми (V-вариант) $\beta^\pm$ -распада ядер. 3 Факторизация матричных элементов на лептонную и ядерную части в нерелятивистском приближении по импульсам нуклонов. Разрешенные и запрещенные переходы. 4 Ферми переходы с сохранением спинов материнского и дочернего ядер и Гамов-Теллеровские переходы с изменением спинов. Примеры. Различия в матричных элементах переходов. 5 Обобщение теории на случай суперпозиции S, V, A, T, P-вариантов при	ЛК

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	<p>сохранении P-четности.</p> <p>5 пространственной четности. Предсказания Ли, Янга и эксперимент ВУ. Первые попытки объяснения несохранения P-четности двухкомпонентностью безмассового нейтрино.</p> <p>7 Установление формы слабого V-λA взаимодействия. Распад поляризованного нейтрона и измерение спиральности нейтрино, испускаемых при β-распаде тяжелых ядер.</p> <p>8 C, P, T, CP, CPT - симметрии в физике элементарных частиц. CPT-теорема Людерса-Паули. Нарушение CP-симметрии в распадах κ-мезонов. Следствие нарушения T-инвариантности в слабых взаимодействиях. Сравнение с опытом.</p> <p>Обобщение на все частицы. Диагональные и недиагональные процессы. Угол Кабиббо. Универсальность константы слабого взаимодействия GF.</p>	
<p>Типы нейтрино. Их свойства.</p>	<p>1 Дираковские, Вейлевские и Майорановские нейтрино. Электронные, мюонные и таунные нейтрино. Лептонные числа. Различные законы их сохранения.</p> <p>2 Проблема массы нейтрино. Способы ее экспериментального определения. Нейтринные осцилляции и их классификация. Теоретические следствия и сравнение с экспериментальными данными.</p> <p>Атмосферные, солнечные, галактические и космические нейтрино. Их энергетический спектр. Способы экспериментального наблюдения и идентификации потоков различных типов нейтрино. Важность существования нейтрино для астрофизики.</p>	<p>ЛК, СЗ</p>

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Ток-токовая теория СЛВ	Достоинства и недостатки ток-токовой теории слабого взаимодействия. Простейшие обобщения. Теория с промежуточным векторным бозоном. Ее неперенормируемость. Общие представления о модели Вайнберга-Салама-Глэшоу.	ЛК, СЗ

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Основная литература:*

1. Бояркин, О.М. Физика частиц - 2013: От электрона до бозона Хиггса. Квантовая теория свободных полей / О.М. Бояркин, Г.Г. Бояркина. - М.: Ленанд, 2018. - 296 с.
2. Окунь, Л.Б. Физика элементарных частиц / Л.Б. Окунь. - М.: Ленанд, 2018. - 218 с.
3. Проскурякова, Е.А. Физика элементарных частиц: Учебное пособие / Е.А. Проскурякова. - СПб.: Лань, 2016. - 104 с.

### *Дополнительная литература:*

1. С.М. Биленький. Лекции по физике нейтринных и лептон-нуклонных процессов. М.: Энергоиздат, 1981. 283 с.
2. Б. Фелд. Модели элементарных частиц. М.: Мир, 1971. 340 с.
3. Р. Фейнман. Взаимодействие фотонов с ядрами. М.: Мир, 1975. 390 с.
4. Я.П. Терлецкий, Ю.П.Рыбаков. Электродинамика. М.: Высшая школа. 1990.
5. Л.Б. Окунь. Лептоны и кварки. М.: Наука, 1990. 346 с.
6. Ф.Клоуз. Кварки и глюоны. М.: Мир, 1982. 371 с.

### *Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН  
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации  
<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS  
<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

.\*

- все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Теория элементарных частиц и кварков» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

### РАЗРАБОТЧИКИ:

**Профессор, ИФИТ**

Должность, БУП



Подпись

**Рыбаков Ю.П.**

Фамилия И.О.

### РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

**Директор ИФИТ**

Наименование БУП



**Лоза О.Т.**

Фамилия И.О.

### РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

**Директор ИФИТ**

Должность, БУП



Подпись

**Лоза О.Т.**

Фамилия И.О.